

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-243904

(P2005-243904A)

(43) 公開日 平成17年9月8日(2005.9.8)

(51) Int. Cl.⁷

H01L 21/027

G02B 19/00

G03F 7/20

F I

H01L 21/30

G02B 19/00

G03F 7/20

515D

521

テーマコード (参考)

2H052

5F046

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2004-51442 (P2004-51442)

(22) 出願日 平成16年2月26日 (2004.2.26)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(74) 代理人 100112427

弁理士 藤本 芳洋

(72) 発明者 廣田 弘之

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

Fターム(参考) 2H052 BA02 BA03 BA09 BA12

5F046 BA03 CB10 CB13 CB23 DA02

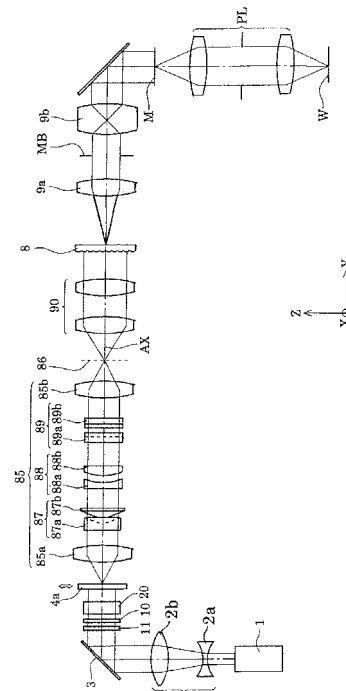
(54) 【発明の名称】 照明光学装置、露光装置及び露光方法

(57) 【要約】

【課題】 光源部から射出される光束のエネルギー密度が高くなる所で用いられた場合においても光学性能を維持することができる光学素子を備える照明光学装置を提供する。

【解決手段】 光源部1からの光束で被照射面Mを照明する照明光学装置において、光源部1と被照射面Mとの間の光路中に配置される第1オプティカルインテグレータ4aと、第1オプティカルインテグレータ4aと被照射面Mとの間の光路中に配置される第2オプティカルインテグレータ8と、第1オプティカルインテグレータ4aと第2オプティカルインテグレータ8との間の光路中に配置され、第2オプティカルインテグレータ8への入射光束の入射位置を変化させる入射位置変更素子87とを備え、入射位置変更素子87は、光源部1から射出される光束のエネルギー密度が高くなる所で用いられた場合においても入射位置変更素子87の光学性能を維持することができる光学部材により構成される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源部からの光束で被照射面を照明する照明光学装置において、
前記光源部と前記被照射面との間の光路中に配置される第 1 オプティカルインテグレータと、

前記第 1 オプティカルインテグレータと前記被照射面との間の光路中に配置される第 2 オプティカルインテグレータと、

前記第 1 オプティカルインテグレータと前記第 2 オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置され、前記第 2 オプティカルインテグレータへの入射光束の入射位置を変化させる入射位置変更素子と、

を備え、

前記入射位置変更素子は、前記光源部から射出される光束のエネルギー密度が高くなる所で用いられた場合においても前記入射位置変更素子の光学性能を維持することができる光学部材により構成されることを特徴とする照明光学装置。

【請求項 2】

前記入射位置変更素子は、

前記照明光学装置の光軸方向に対して凹状屈折面を有する第 1 プリズムと、

前記第 1 プリズムの前記凹状屈折面と相補的に形成された凸状屈折面を有する第 2 プリズムと、

を備え、

前記第 1 プリズム及び前記第 2 プリズムのうち少なくとも一方は、前記照明光学装置の光軸に沿って移動可能に構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の照明光学装置。

【請求項 3】

前記入射位置変更素子は、

前記照明光学装置の光軸方向に対して凹状屈折面の一部を有する第 1 プリズムと、

前記照明光学装置の光軸方向に対して凸状屈折面の一部を有する第 2 プリズムと、

を備え、

前記第 1 プリズム及び前記第 2 プリズムのうちの少なくとも一方は、前記照明光学装置の光軸方向に沿って移動可能に構成され、

前記第 1 プリズムは複数の前記凹状屈折面の一部を有し、

前記第 2 プリズムは複数の前記凸状屈折面の一部を有することを特徴とする請求項 1 記載の照明光学装置。

【請求項 4】

前記光学部材は、結晶材料により形成される結晶光学部材を有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 の何れか一項に記載の照明光学装置。

【請求項 5】

前記結晶光学部材は、蛍石または水晶を有することを特徴とする請求項 4 記載の照明光学装置。

【請求項 6】

前記結晶光学部材は、前記結晶光学部材の結晶方位 (1 1 1) と前記照明光学装置の光軸とが一致するように位置決めされることを特徴とする請求項 4 または請求項 5 記載の照明光学装置。

【請求項 7】

前記入射位置変更素子は、前記照明光学装置の瞳または該瞳の近傍に配置されることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 の何れか一項に記載の照明光学装置。

【請求項 8】

前記第 1 オプティカルインテグレータは、前記光源部からの光束に基づいて前記瞳または該瞳の近傍に所定形状の光強度分布を形成することを特徴とする請求項 7 記載の照明光学装置。

【請求項 9】

10

20

30

40

50

感光性基板上にマスクのパターンを転写する露光装置において、
前記マスクを照明するための請求項 1 乃至請求項 8 の何れか一項に記載の照明光学装置と、
前記マスクのパターンの像を前記感光性基板上に形成するための投影光学系と、
を備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 10】

感光性基板上に所定のパターンを転写する露光方法において、
請求項 1 乃至請求項 8 の何れか一項に記載の照明光学装置を用いて前記所定のパターンが形成されるマスクを照明する照明工程と、
前記感光性基板上に前記所定のパターンを転写する転写工程と、
を含むことを特徴とする露光方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、半導体素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等のマイクロデバイスをリソグラフィ工程で製造するための露光装置に用いられる照明光学装置、該照明光学装置を備えた露光装置及び該照明光学装置を用いた露光方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来の露光装置においては、光源から射出された光束がオブティカルインテグレータとしてのフライアイレンズ（またはマイクロフライアイレンズ）に入射し、その後側焦点面に多数の光源からなる二次光源を形成する。二次光源からの光束は、必要に応じてフライアイレンズの後側焦点面の近傍に配置された開口絞りを介して制限された後、コンデンサーレンズに入射する。

20

【0003】

コンデンサーレンズにより集光された光束は、所定のパターンが形成されたマスクを重畳的に照明する。マスクのパターンを透過した光は、投影光学系を介してウエハ上に結像する。こうして、ウエハ上には、マスクパターンが投影露光（転写）される。なお、マスクに形成されたパターンは高集積化されており、この微細なパターンをウエハ上に正確に転写するためにはウエハ上において均一な照度分布を得ることが不可欠である。

30

【0004】

また、マスクのパターンが微細になり、露光装置の解像限界付近にて露光が行われるようになると、照明光学装置の開口絞りから射出した光のうち解像に寄与するのは、開口絞りの周辺部から射出した光のみとなり、開口部の中心部から射出した光は像のコントラストを下げるだけの働きしか持たなくなる。従って、近年、照明光学装置の照明瞳の周辺部に光強度分布を有する輪帯状や多極状（例えば、4 極状）の変形照明を行うことにより、投影光学系の焦点深度や解像力を向上させる技術が注目されている（例えば、特許文献 1 及び特許文献 2 参照）。

【0005】

【特許文献 1】特開昭 61 - 91662 号公報

40

【特許文献 2】特開平 4 - 101148 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、上述の照明光学装置において、照明光学装置を構成する光学部材の多くは、光学部材として容易に加工することができる石英により形成されている。しかしながら、石英により形成された光学部材を照明光学装置に搭載する場合、光源部から射出される光束が高いエネルギー密度を有する位置に、この光学部材が配置されるときには、光学素子の光束が通過する部分が損傷し、光学素子の内部構造に変化が生じるため、光学素子の光透過率が劣化する。従って、石英により形成された光学素子は、その光学素子が有する光

50

学性能を維持することができなくなる。

【 0 0 0 7 】

この発明の課題は、光源部から射出される光束のエネルギー密度が高くなる所で用いられた場合においても光学性能を維持することができる光学素子を備える照明光学装置、該照明光学装置を備えた露光装置及び該照明光学装置を用いた露光方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

請求項 1 記載の照明光学装置は、光源部からの光束で被照射面を照明する照明光学装置において、前記光源部と前記被照射面との間の光路中に配置される第 1 オプティカルインテグレータと、前記第 1 オプティカルインテグレータと前記被照射面との間の光路中に配置される第 2 オプティカルインテグレータと、前記第 1 オプティカルインテグレータと前記第 2 オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置され、前記第 2 オプティカルインテグレータへの入射光束の入射位置を変化させる入射位置変更素子とを備え、前記入射位置変更素子は前記光源部から射出される光束のエネルギー密度が高くなる所で用いられた場合においても前記入射位置変更素子の光学性能を維持することができる光学部材により構成されることを特徴とする。

10

【 0 0 0 9 】

この請求項 1 記載の照明光学装置によれば、光源部から射出される光束のエネルギー密度が高くなる所で用いられた場合においても光学性能を維持することができる光学部材により構成される入射位置変更素子を備えているため、光源部から射出される光束のエネルギー密度が高くなる所に配置される入射位置変更素子の内部構造の損傷を防止することができ、入射位置変更素子の光透過率の劣化を抑制することができる。従って、入射位置変更素子の光学性能を維持した状態で光源部から射出される光束が入射位置変更素子を通過するため、光束の光量の減少を抑えることができ、被照射面を良好に照明することができる。

20

【 0 0 1 0 】

また、請求項 2 記載の照明光学装置は、前記入射位置変更素子が前記照明光学装置の光軸方向に対して凹状屈折面を有する第 1 プリズムと、前記第 1 プリズムの前記凹状屈折面と相補的に形成された凸状屈折面を有する第 2 プリズムとを備え、前記第 1 プリズム及び前記第 2 プリズムのうち少なくとも一方は、前記照明光学装置の光軸に沿って移動可能に構成されていることを特徴とする。

30

【 0 0 1 1 】

この請求項 2 記載の照明光学装置によれば、入射位置変更素子が備える第 1 プリズム及び第 2 プリズムのうち少なくとも一方が照明光学装置の光軸に沿って移動可能に構成されているため、第 1 プリズムの凹状屈折面と第 2 プリズムの凸状屈折面とを当接させることにより、入射位置変更素子が平行平板を構成する。また、第 1 プリズムの凹状屈折面と第 2 プリズムの凸状屈折面とを離間させることにより、入射位置変更素子がいわゆるビームエキスパンダーを構成するため、第 1 プリズムの凹状屈折面と第 2 プリズムの凸状屈折面との間隔を調整することにより、第 2 オプティカルインテグレータへの入射光束の入射位置（光軸からの距離）を自由に変化させることができる。従って、例えば変形照明等（例えば輪帯照明または多極照明）を行う場合、被照射面の照射されるべき領域に対応した照明形状とすることができ、被照射面を良好に照明することができる。

40

【 0 0 1 2 】

また、請求項 3 記載の照明光学装置は、前記入射位置変更素子が前記照明光学装置の光軸方向に対して凹状屈折面の一部を有する第 1 プリズムと、前記照明光学装置の光軸方向に対して凸状屈折面の一部を有する第 2 プリズムとを備え、前記第 1 プリズム及び前記第 2 プリズムのうちの少なくとも一方は、前記照明光学装置の光軸方向に沿って移動可能に構成され、前記第 1 プリズムは複数の前記凹状屈折面の一部を有し、前記第 2 プリズムは複数の前記凸状屈折面の一部を有することを特徴とする。

50

【 0 0 1 3 】

この請求項 3 記載の照明光学装置によれば、入射位置変更素子が備える第 1 プリズムが複数の凹状屈折面の一部を有するため、凹状屈折面を有するプリズムと比較して第 1 プリズムの厚さを薄くすることができる。また、同様に、入射位置変更素子が備える第 2 プリズムが複数の凸状屈折面の一部を有するため、凸状屈折面を有するプリズムと比較して第 2 プリズムの厚さを薄くすることができる。従って、第 1 プリズム及び第 2 プリズムを照明光学装置に搭載する際に、配置スペースを小さくすることができる。

【 0 0 1 4 】

また、第 1 プリズム及び第 2 プリズムのうち少なくとも一方が照明光学装置の光軸に沿って移動可能に構成されているため、第 1 プリズムの複数の凹状屈折面の一部と第 2 プリズムの複数の凸状屈折面の一部とを当接させることにより、入射位置変更素子が平行平板を構成する。また、第 1 プリズムの複数の凹状屈折面の一部と第 2 プリズムの複数の凸状屈折面の一部とを離間させることにより、入射位置変更素子がいわゆるビームエキスパンダーを構成するため、第 1 プリズムと第 2 プリズムとの間隔を調整することにより、第 2 オプティカルインテグレータへの入射光束の入射位置（光軸からの距離）を自由に変化させることができる。従って、変形照明等（例えば輪帯照明または多極照明）を行う場合、被照射面の照射されるべき領域に対応した照明形状とすることができ、被照射面を良好に照明することができる。

【 0 0 1 5 】

また、請求項 4 記載の照明光学装置は、前記光学部材が結晶材料により形成される結晶光学部材を有することを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

また、請求項 5 記載の照明光学装置は、前記結晶光学部材が蛍石または水晶を有することを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

また、請求項 6 記載の照明光学装置は、前記結晶光学部材が前記結晶光学部材の結晶方位（1 1 1）と前記照明光学装置の光軸とが一致するように位置決めされることを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

この請求項 4 ～ 請求項 6 記載の照明光学装置によれば、光学部材が結晶光学部材を有しており、結晶光学部材が結晶光学部材の結晶方位（1 1 1）と照明光学装置の光軸とが一致するように位置決めされているため、直線偏光状態の光束が光学部材に入射した場合において、直線偏光の振動方向の変化、直線偏光から楕円偏光や円偏光への変化を防止することができる。従って、被照射面の特性等に対応した最適な偏光状態の光束で照明を行うことができる。

【 0 0 1 9 】

また、請求項 7 記載の照明光学装置は、前記入射位置変更素子が前記照明光学装置の瞳または該瞳の近傍に配置されることを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

また、請求項 8 記載の照明光学装置は、前記第 1 オプティカルインテグレータが前記光源部からの光束に基づいて前記瞳または該瞳の近傍に所定形状の光強度分布を形成することを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

この請求項 7 及び請求項 8 記載の照明光学装置によれば、入射位置変更素子が照明光学装置の瞳または該瞳の近傍に配置され、第 1 オプティカルインテグレータが光源部からの光束に基づいて照明光学装置の瞳または該瞳の近傍に所定形状の光強度分布を形成する。即ち、入射位置変更素子が光源部から射出される光束のエネルギー密度が高くなる所に配置されているが、入射位置変更素子が光束のエネルギー密度が高くなる所で用いられた場合においても光学性能を維持することができる光学部材により構成されているため、入射位置変更素子の内部構造の損傷を防止することができ、入射位置変更素子の光透過率の劣

10

20

30

40

50

化を抑制することができる。従って、入射位置変更素子の光学性能を維持した状態で光源部から射出される光束が入射位置変更素子を通過するため、光束の光量の減少を抑えることができ、被照射面を良好に照明することができる。

【0022】

また、請求項9記載の露光装置は、感光性基板上にマスクのパターンを転写する露光装置において、前記マスクを照明するための請求項1乃至請求項8の何れか一項に記載の照明光学装置と、前記マスクのパターンの像を前記感光性基板上に形成するための投影光学系とを備えることを特徴とする。

【0023】

この請求項9記載の露光装置によれば、請求項1乃至請求項8の何れか一項に記載の照明光学装置を備えているため、照明光の光量の減少を抑えることができ、マスクのパターンの特性に対応した最適な偏光状態の照明光で照明することができる。従って、良好な露光を行うことができる。

【0024】

また、請求項10記載の露光方法は、感光性基板上に所定のパターンを転写する露光方法において、請求項1乃至請求項8の何れか一項に記載の照明光学装置を用いて前記所定のパターンが形成されるマスクを照明する照明工程と、前記感光性基板上に前記所定のパターンを転写する転写工程とを含むことを特徴とする。

【0025】

この請求項10記載の露光方法によれば、請求項1乃至請求項8の何れか一項に記載の照明光学装置を用いてマスクの照明を行うため、照明光の光量の減少を抑えることができ、マスクのパターンの特性に対応した最適な偏光状態の照明光で照明することができる。従って、良好な露光を行うことができる。

【発明の効果】

【0026】

この発明の照明光学装置によれば、光源部から射出される光束のエネルギー密度が高くなる所で用いられた場合においても光学性能を維持することができる光学部材により構成される入射位置変更素子を備えているため、光源部から射出される光束のエネルギー密度が高くなる所に配置される入射位置変更素子の内部構造の損傷を防止することができ、入射位置変更素子の光透過率の劣化を抑制することができる。従って、入射位置変更素子の光学性能を維持した状態で光源部から射出される光束が入射位置変更素子を通過するため、光束の光量の減少を抑えることができ、被照射面を良好に照明することができる。

【0027】

また、光学部材が結晶光学部材を有しており、結晶光学部材が結晶光学部材の結晶方位(111)と照明光学装置の光軸とが一致するように位置決めされているため、直線偏光状態の光束が光学部材に入射した場合において、直線偏光の振動方向の変化、直線偏光から楕円偏光や円偏光への変化を防止することができる。従って、被照射面の特性等に対応した最適な偏光状態の光束で照明を行うことができる。

【0028】

また、この発明の露光装置によれば、この発明の照明光学装置を備えているため、照明光の光量の減少を抑えることができ、マスクのパターンの特性に対応した最適な偏光状態の照明光で照明することができる。従って、良好な露光を行うことができる。

【0029】

また、この発明の露光方法によれば、この発明の照明光学装置を用いてマスクの照明を行うため、照明光の光量の減少を抑えることができ、マスクのパターンの特性に対応した最適な偏光状態の照明光で照明することができる。従って、良好な露光を行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

図面を参照して、この発明の第1の実施の形態にかかる露光装置について説明する。図1 50

は、この実施の形態にかかる露光装置の概略構成を示す図である。なお、以下の説明においては、図 1 中に示す X Y Z 直交座標系を設定し、この X Y Z 直交座標系を参照しつつ各部材の位置関係について説明する。X Y Z 直交座標系は、X 軸及び Y 軸がウエハ W に対して平行となるように設定され、Z 軸がウエハ W に対して直交する方向に設定されている。また、この実施の形態にかかる照明光学装置は、輪帯照明を行うように構成されている。

【0031】

この実施の形態にかかる露光装置は、図 1 に示すように、露光光（照明光）を供給するためのレーザー光源（光源部）1 として、例えば波長が約 193 nm の光を供給する ArF エキシマレーザー光源または波長が約 248 nm の光を供給する KrF エキシマレーザー光源を備えている。レーザー光源 1 から Z 方向に沿って射出された略平行な光束は、X 10 方向に沿って細長く伸びた矩形の断面を有し、一對のレンズ 2 a 及び 2 b からなるビームエキスパンダー 2 に入射する。各レンズ 2 a 及び 2 b は、図 1 の Y Z 平面内において負の屈折力及び正の屈折力をそれぞれ有する。したがって、ビームエキスパンダー 2 に入射した光束は、図 1 の Y Z 平面内において拡大され、所定の矩形の断面を有する光束に整形される。

【0032】

整形光学系としてのビームエキスパンダー 2 を介した平行な光束は、折り曲げミラー 3 により反射され Y 方向に偏向された後、光軸 AX を中心として結晶光学軸が回転自在に、かつ光軸 AX から挿脱可能に構成されている 1/4 波長板 11 に入射する。ここで、1/4 波長板 11 は、楕円偏光の光が入射した場合において、入射する楕円偏光の特性に応じ 20 てその 1/4 波長板 11 の結晶光学軸を設定することにより、楕円偏光の入射光を直線偏光の光に変換する機能を有する。

【0033】

即ち、レーザー光源 1 として KrF エキシマレーザー光源や ArF エキシマレーザー光源を用いる場合、レーザー光源 1 は略直線偏光の光を射出する。通常、レーザー光源 1 と 1/4 波長板 11 との間の光路中には裏面反射鏡としての複数個の直角プリズム（図示せず）が配置されている。一般的に、裏面反射鏡としての直角プリズムに入射する直線偏光の光が直角プリズムの入射面に対して P 偏光または S 偏光に一致していない場合、直角プリズムでの全反射により直線偏光から楕円偏光に変化する。従って、例えば直角プリズムを介することにより入射光が直線偏光から楕円偏光に変化した場合においても、1/4 波 30 長板 11 に入射する楕円偏光の特性に応じて 1/4 波長板 11 の結晶光学軸を設定することにより、入射光を楕円偏光から直線偏光に変化させることができる。

【0034】

1/4 波長板 11 を通過した光束は、1/2 波長板 10 及びデポライザー（非偏光化素子）20 を通過する。図 2 は、1/2 波長板 10 及びデポライザー 20 の概略構成を示す図である。図 2 に示すように、1/2 波長板 10 は、光軸 AX を中心として結晶光学軸が回転自在に構成されている。また、デポライザー 20 は、くさび形状の水晶プリズム 20 a と、この水晶プリズム 20 a と相補的な形状を有するくさび形状の石英プリズム 20 b により構成されている。水晶プリズム 20 a と石英プリズム 20 b とは、一体的な 40 プリズム組立体として、照明光路に対して挿脱自在に構成されている。

【0035】

1/2 波長板 10 の結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して 0 度または 90 度の角度をなすように設定された場合、1/2 波長板 10 に入射した直線偏光の光は偏光面が変化することなくそのまま通過する。また、1/2 波長板 10 の結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して 45 度の角度をなすように設定された場合、1/2 波長板 10 に入射した直線偏光の光は偏光面が 90 度だけ変化した直線偏光の光に変換される。更に、水晶プリズム 20 a の結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して 45 度の角度をなすように設定された場合、水晶プリズム 20 a に入射した直線偏光の光は、非偏光状態の光に変換（非偏光化）される。

【0036】

10

20

30

40

50

この実施の形態においては、デポライザー 20 が照明光路中に位置決めされたときに水晶プリズム 20 a の結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して 45 度の角度をなすように構成されている。ちなみに、水晶プリズム 20 a の結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して 0 度または 90 度の角度をなすように設定された場合、水晶プリズム 20 a に入射した直線偏光の光は偏光面が変化することなくそのまま通過する。また、1/2 波長板 10 の結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して 22.5 度の角度をなすように設定された場合、1/2 波長板 10 に入射した直線偏光の光は、偏光面が変化することなくそのまま通過する直線偏光成分と偏光面が 90 度だけ変化した直線偏光成分を含む非偏光状態の光に変換される。

【0037】

10

この実施の形態においては、上述したように、直線偏光の光が 1/2 波長板 10 に入射する。デポライザー 20 を照明光路中に位置決めした場合、1/2 波長板 10 の結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して 0 度または 90 度の角度をなすように設定すると、1/2 波長板 10 に入射した直線偏光の光は偏光面が変化することなく通過して水晶プリズム 20 a に入射する。水晶プリズム 20 a の結晶光学軸は入射する直線偏光の偏光面に対して 45 度の角度をなすように設定されているので、水晶プリズム 20 a に入射した直線偏光の光は非偏光状態の光に変換される。

【0038】

一方、1/2 波長板 10 の結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して 45 度の角度をなすように設定すると、1/2 波長板 10 に入射した直線偏光の光は偏光面が 90 度だけ変化した直線偏光の光になって水晶プリズム 20 a に入射する。水晶プリズム 20 a の結晶光学軸は入射する直線偏光の偏光面に対しても 45 度の角度をなすように設定されているので、水晶プリズム 20 a に入射した直線偏光の光は非偏光状態の光に変換される。水晶プリズム 20 a を介して非偏光化された光は、光の進行方向を補償するためのコンペンセーターとしての石英プリズム 20 b を通過する。

20

【0039】

これに対し、デポライザー 20 を照明光路から退避させた場合、1/2 波長板 10 の結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して 0 度または 90 度の角度をなすように設定すると、1/2 波長板 10 に入射した直線偏光の光は偏光面が変化することなく通過する。一方、1/2 波長板 10 の結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して 45 度の角度をなすように設定すると、1/2 波長板 10 に入射した直線偏光の光は偏光面が 90 度だけ変化した直線偏光の光になる。

30

【0040】

以上のように、この実施の形態では、デポライザー 20 を照明光路中に挿入して位置決めすることにより、非偏光状態の光に変換することができる。また、デポライザー 20 を照明光路から退避させ且つ 1/2 波長板 10 の結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して 0 度または 90 度の角度をなすように設定することにより、その直線偏光状態が変化することなく光は進行する。さらに、デポライザー 20 を照明光路から退避させ且つ 1/2 波長板 10 の結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して 45 度をなすように設定することにより、偏光面が 90 度変化した直線偏光状態の光に変換することができる。

40

【0041】

デポライザー 20 を通過した光束は、回折光学素子（第 1 オプティカルインテグレータ）4 a に入射する。一般に、回折光学素子（DOE）は、ガラス基板に露光光（照明光）の波長程度のピッチを有する段差を形成することによって構成され、入射ビームを所望の角度に回折する作用を有する。具体的には、回折光学素子 4 a は、矩形状の断面を有する平行光束が入射した場合に、そのファースフィールド（またはフラウンホーファー回折領域）に輪帯状の光強度分布を形成する機能を有する。したがって、回折光学素子 4 a を介した光束は、後述するアフォーカルレンズ 85（ひいては照明光学装置）の瞳または該瞳の近傍に輪帯状の光強度分布、すなわち輪帯状の断面を有する光束を形成する。回折光学

50

素子 4 a は、照明光路から退避可能に構成されている。

【 0 0 4 2 】

回折光学素子 4 a を通過した光束は、アフォーカルレンズ（リレー光学系）8 5 に入射する。アフォーカルレンズ 8 5 は、その前側焦点位置と回折光学素子 4 a の位置とがほぼ一致し且つその後側焦点位置と図中破線で示す所定面 8 6 の位置とがほぼ一致するように設定されたアフォーカル系（無焦点光学系）である。したがって、回折光学素子 4 a に入射した略平行な光束は、アフォーカルレンズ 8 5 の瞳面に輪帯状の光強度分布を形成した後、略平行な光束となってアフォーカルレンズ 8 5 から射出される。

【 0 0 4 3 】

なお、アフォーカルレンズ 8 5 の前側レンズ群 8 5 a と後側レンズ群 8 5 b との間の光路中において瞳またはその近傍には、光源側から順に、円錐アキシコン系 8 7、第 1 シリンドリカルレンズ対 8 8 及び第 2 シリンドリカルレンズ対 8 9 が配置されている。1 / 2 波長板 1 0 及びデポライザー 2 0 を介することにより、直線偏光状態または非偏光状態の光に変換されている光束は、アフォーカルレンズ 8 5 の前側レンズ群 8 5 a を通過し、円錐アキシコン系（入射位置変更素子）8 7 に入射する。

【 0 0 4 4 】

図 3 は、照明光学装置の瞳または該瞳の近傍に配置される円錐アキシコン系 8 7 の概略構成を示す図である。円錐アキシコン系 8 7 は、光源側から順に、光軸 A X 方向に対して凹円錐状の屈折面（凹状屈折面）を有する第 1 プリズム 8 7 a 及び第 1 プリズム 8 7 a の凹円錐状の屈折面と互いに当接可能なように相補的に形成された凸円錐状の屈折面（凸状屈折面）を有する第 2 プリズム 8 7 b を備えている。第 1 プリズム 8 7 a は光源側に平面を向け且つマスク M 側に凹円錐状の屈折面を向けて配置されており、第 2 プリズム 8 7 b は光軸側に凸円錐状の屈折面を向け且つマスク M 側に平面をむけて配置されている。

【 0 0 4 5 】

第 1 プリズム 8 7 a 及び第 2 プリズム 8 7 b は、結晶材料により形成される結晶光学部材として蛍石により形成されている。図 4 は、円錐アキシコン系 8 7 の結晶方位を説明するための図である。図 4 に示すように、円錐アキシコン系 8 7 は、円錐アキシコン系 8 7 を形成する蛍石の結晶方位（1 1 1）と光軸 A X とが一致するように位置決めされており、結晶方位（1 0 0）、結晶方位（0 1 0）及び結晶方位（0 0 1）が所定位置に位置決めされている（図中矢印で示す）。

【 0 0 4 6 】

図 5 は、蛍石の結晶方位について説明するための図である。図 5 に示すように、蛍石の結晶方位は、立方晶系の結晶軸 a_1 a_2 a_3 （図中細線矢印で示す）に基づいて規定される。即ち、結晶軸 + a_1 に沿って結晶方位（1 0 0）、結晶軸 + a_2 に沿って結晶方位（0 1 0）、結晶軸 + a_3 に沿って結晶方位（0 0 1）がそれぞれ規定される（図中太線矢印で示す）。また、 a_1 a_3 平面において結晶方位（1 0 0）及び結晶方位（0 0 1）と 4 5 度をなす方向に結晶方位（1 0 1）、 a_1 a_2 平面において結晶方位（1 0 0）及び結晶方位（0 1 0）と 4 5 度をなす方向に結晶方位（1 1 0）、 a_2 a_3 平面において結晶方位（0 1 0）及び結晶方位（0 0 1）と 4 5 度をなす方向に結晶方位（0 1 1）がそれぞれ規定される（図中破線矢印で示す）。更に、結晶軸 a_1 a_2 a_3 の + 方向、且つ結晶方位（1 0 0）、結晶方位（0 1 0）及び結晶方位（0 0 1）と同一の角度をなす方向に結晶方位（1 1 1）が規定される（図中太線矢印で示す）。円錐アキシコン系 8 7 は、円錐アキシコン系 8 7 を形成する蛍石の結晶方位（1 1 1）と光軸 A X とが一致するように位置決めされている。

【 0 0 4 7 】

また、第 1 プリズム 8 7 a 及び第 2 プリズム 8 7 b のうち少なくとも一方は光軸 A X に沿って移動可能に構成されており、第 1 プリズム 8 7 a の凹円錐状の屈折面と第 2 プリズム 8 7 b の凸円錐状の屈折面との間隔が可変に構成されている。ここで、第 1 プリズム 8 7 a の凹円錐状の屈折面と第 2 プリズム 8 7 b の凸円錐状の屈折面とが互いに当接している状態では、円錐アキシコン系 8 7 は平行平板板として機能し、形成される輪帯状の二次

光源に及ぼす影響はない。しかしながら、第 1 プリズム 87a の凹円錐状の屈折面と第 2 プリズム 87b の凸円錐状の屈折面とを離間させると、円錐アキシコン系 87 は、いわゆるビームエキスパンダーとして機能する。したがって、円錐アキシコン系 87 の間隔の変化に伴って、図 1 中破線で示す所定面 86 への入射光束の入射角度は変化する。

【0048】

図 6 は、輪帯照明において形成される二次光源に対する円錐アキシコン系 87 の作用を説明するための図である。円錐アキシコン系 87 の間隔が 0 でかつ後述するズームレンズ 90 の焦点距離が最小値に設定された状態（以下、「標準状態」という）で形成された最も小さい輪帯状の二次光源 130a は、円錐アキシコン系 87 の間隔を 0 から所定の値まで拡大させることにより、その幅（外径と内径との差の $1/2$ ：図中矢印で示す）が変化

10

【0049】

図 7 は、アフォーカルレンズ 85 の前側レンズ群 85a と後側レンズ群 85b との間の光路中に配置された第 1 シリンドリカルレンズ対 88 および第 2 シリンドリカルレンズ対 89 の概略構成を示す図である。図 7 に示すように、第 1 シリンドリカルレンズ対 88 は、光源側から順に、たとえば YZ 平面内に負屈折力を有し且つ XY 平面内に無屈折力の第 1 シリンドリカル負レンズ 88a と、同じく YZ 平面内に正屈折力を有し且つ XY 平面内に無屈折力の第 1 シリンドリカル正レンズ 88b とにより構成されている。一方、第 2 シリンドリカルレンズ対 89 は、光源側から順に、たとえば XY 平面内に負屈折力を有し且つ YZ 平面内に無屈折力の第 2 シリンドリカル負レンズ 89a と、同じく XY 平面内に正屈折力を有し且つ YZ 平面内に無屈折力の第 2 シリンドリカル正レンズ 89b とにより構成されている。

20

【0050】

第 1 シリンドリカル負レンズ 88a と第 1 シリンドリカル正レンズ 88b とは、光軸 AX を中心として一体的に回転するように構成されている。同様に、第 2 シリンドリカル負レンズ 89a と第 2 シリンドリカル正レンズ 89b とは、光軸 AX を中心として一体的に回転するように構成されている。第 1 シリンドリカルレンズ対 88 は Z 方向にパワーを有するビームエキスパンダーとして機能し、第 2 シリンドリカルレンズ対 89 は X 方向にパ

30

【0051】

アフォーカルレンズ 85 を介した光束は、値可変用のズームレンズ 90 を介して、第 2 オプティカルインテグレータとしてのマイクロレンズアレイ 8 に入射する。所定面 86 の位置はズームレンズ 90 の前側焦点位置またはその近傍に配置され、マイクロレンズアレイ 8 の入射面はズームレンズ 90 の後側焦点面またはその近傍に配置されている。即ち、ズームレンズ 90 は、所定面 86 とマイクロレンズアレイ 8 の入射面とを実質的にフーリエ変換の関係に配置し、ひいてはアフォーカルレンズ 85 の瞳面とマイクロレンズアレイ 8 の入射面とを光学的に略共役に配置している。したがって、マイクロレンズアレイ 8 の入射面上には、アフォーカルレンズ 85 の瞳面と同様に、例えば光軸 AX を中心とした輪帯状の照野が形成される。この輪帯状の照野の全体形状は、ズームレンズ 90 の焦点距離に依存して相似的に変化する。

40

【0052】

図 8 は、輪帯照明において形成される二次光源に対するズームレンズ 90 の作用を説明するための図である。標準状態で形成された輪帯状の二次光源 130a は、ズームレンズ 90 の焦点距離を最小値から所定の値へ拡大させることにより、その全体形状が相似的に

50

拡大された輪帯状の二次光源 130c に変化する。即ち、ズームレンズ 90 の作用により、輪帯状の二次光源の輪帯比が変化することなく、その幅及び大きさ（外径）が共に変化する。

【0053】

ズームレンズ 90 を介した光束は、マイクロレンズアレイ 8 に入射する。ここでズームレンズ 90 が所定面 86 での角度変化をマイクロレンズアレイ 8 の入射面での位置変化（光軸からの距離変化）に変換する機能を有しているため、入射位置変更素子としての円錐アキシコン系 87 の間隔の変化に伴って、マイクロレンズアレイ 8 への入射光束の入射位置（光軸からの距離）が変化する。

【0054】

マイクロレンズアレイ 8 は、縦横にかつ稠密に配列された多数の正屈折力を有する微小レンズからなる光学素子である。マイクロレンズアレイ 8 を構成する各微小レンズは、マスク M において形成すべき照野の形状（ひいてはウエハ W 上において形成すべき露光領域の形状）と相似な矩形上の断面を有する。マイクロレンズアレイ 8 に入射した光束は、多数の微小レンズにより二次元的に分割され、その後側焦点面（ひいては照明瞳）にはマイクロレンズアレイ 8 への入射光束によって形成される照野と略同じ光強度分布を有する二次光源、即ち光軸 AX を中心とした輪帯状の実質的な面光源からなる二次光源が形成される。マイクロレンズアレイ 8 の後側焦点面に形成された輪帯状の二次光源からの光束は、コンデンサーレンズ 9a を介して、マスクブラインド MB を重畳的に照明する。

【0055】

照明視野絞りとしてのマスクブラインド MB には、マイクロレンズアレイ 8 を構成する各微小レンズの形状と焦点距離とに応じた矩形状の照野が形成される。マスクブラインド MB の矩形状の開口部（光透過部）を介した光束は、結像光学系 9b の集光作用を受けた後、所定のパターンが形成されたマスク（被照射面）M を重畳的に照明する。即ち、結像光学系 9b は、マスクブラインド MB の矩形状開口部の像をマスク M 上に形成する。マスク M のパターンを透過した光束は、投影光学系 PL を介して、感光性基板であるウエハ W 上にマスク M のパターン像を形成する。こうして、投影光学系 PL の光軸 AX と直交する平面内においてウエハ W を二次元的に駆動制御しながら一括露光またはスキャン露光を行うことにより、ウエハ W の各露光領域にはマスク M のパターンが逐次露光される。

【0056】

この第 1 の実施の形態にかかる露光装置によれば、この実施の形態にかかる入射位置変更素子としての円錐アキシコン系 87 がレーザ光源 1 から射出される照明光のエネルギー密度が高くなる所で用いられた場合においても光学性能を維持することができる結晶材料により形成される結晶光学部材として蛍石により構成されているため、照明光のエネルギー密度が高くなる所に配置される円錐アキシコン系 87 の内部構造の損傷を防止することができ、円錐アキシコン系 87 の光透過率の劣化を抑制することができる。従って、円錐アキシコン系 87 の光学性能を維持した状態で照明光が円錐アキシコン系 87 を通過するため、照明光の光量の減少を抑えることができ、マスク M を良好に照明することができる。

【0057】

また、円錐アキシコン系 87 が円錐アキシコン系 87 を形成する蛍石の結晶方位（111）と光軸 AX とが一致するように位置決めされているため、直線偏光状態の照明光が円錐アキシコン系 87 に入射した場合において、直線偏光の振動方向の変化、直線偏光から楕円偏光や円偏光への変化を防止することができる。従って、マスク M のパターン像の特性に対応した最適な偏光状態の照明光で照明を行うことができる。

【0058】

次に、図面を参照して、この発明の第 2 の実施の形態について説明する。この第 2 の実施の形態にかかる露光装置の構成は、第 1 の実施の形態にかかる露光装置の円錐アキシコン系 87 を図 9 に示す入射位置変更素子としてのフレネルアキシコン系 100 に変更したものである。従って、第 2 の実施の形態の説明においては、第 1 の実施の形態にかかる露

10

20

30

40

50

光装置の構成と同一の構成の詳細な説明は省略し、第1の実施の形態にかかる露光装置と同一の構成については同一の符号を用いて説明を行う。

【0059】

この第2の実施の形態にかかるフレネルアキシコン系100は、照明光学装置の瞳または該瞳の近傍に配置されている。図9は、フレネルアキシコン系100の概略構成を説明するための断面図である。フレネルアキシコン系100は、図9に示すように、光源側から順に、光軸AX方向に対して複数（この実施の形態においては3つ）の凹円錐状の屈折面（凹状屈折面）の一部を有する第1プリズム100a及び第1プリズム100aの凹円錐状の屈折面の一部と互いに当接可能なように相補的に形成された複数（この実施の形態においては3つ）の凸円錐状の屈折面（凸状屈折面）の一部を有する第2プリズム100bを備えている。第1プリズム100aは光源側に平面を向け且つマスクM側に3つの凹円錐状の屈折面の一部を向けて配置されており、第2プリズム100bは光軸側に3つの凸円錐状の屈折面の一部を向け且つマスクM側に平面を向けて配置されている。

10

【0060】

第1プリズム100aは、3つの凹円錐状の屈折面の一部101a, 101b, 101cを有している。第1プリズム100aの凹円錐状の屈折面の一部101a, 101b, 101cは、図10の断面図及び図11の正面図に示す凹円錐状の屈折面を有するプリズム100'aの凹円錐状の屈折面を図10及び図11において破線で示すように区分し平面的に配置したものである。即ち、プリズム100'aの屈折面の領域101'a, 101'b, 101'cと同一の屈折面を有する。従って、第1プリズム100aに入射し第1プリズム100aの凹円錐状の屈折面の一部101a, 101b, 101cを通過する光束は、プリズム100'aに入射しプリズム100'aの屈折面の領域101'a, 101'b, 101'cを通過する光束と同様に屈折する。即ち、第1プリズム100aは、プリズム100'aと同一の機能を有する。

20

【0061】

第2プリズム100bは、3つの凸円錐状の屈折面の一部102a, 102b, 102cを有している。第2プリズム100bの凸円錐状の屈折面の一部102a, 102b, 102cは、図12の断面図及び図13の正面図に示す凸円錐状の屈折面を有するプリズム100'bの凸円錐状の屈折面を図12及び図13において破線で示すように区分し平面的に配置したものである。即ち、プリズム100'bの屈折面の領域102'a, 102'b, 102'cと同一の屈折面を有する。従って、第2プリズム100bに入射し第2プリズム100bの凸円錐状の屈折面の一部102a, 102b, 102cを通過する光束は、プリズム100'bに入射しプリズム100'bの屈折面の領域102'a, 102'b, 102'cを通過する光束と同様に屈折する。即ち、第2プリズム100bは、プリズム100'bと同一の機能を有する。

30

【0062】

第1プリズム100a及び第2プリズム100bは、結晶材料により形成される結晶光学部材として蛍石により形成されている。図4に示す第1の実施の形態にかかる円錐アキシコン系87と同様に、フレネルアキシコン系100は、フレネルアキシコン系100を形成する蛍石の結晶方位(111)と光軸AXとが一致するように位置決めされており、結晶方位(100)、結晶方位(010)及び結晶方位(001)が所定位置に位置決めされている。

40

【0063】

また、第1プリズム100a及び第2プリズム100bのうち少なくとも一方は光軸AXに沿って移動可能に構成されており、第1プリズム100aの3つの凹円錐状の屈折面の一部101a~101cと第2プリズム100bの3つの凸円錐状の屈折面の一部102a~102cとの間隔が可変に構成されている。ここで、第1プリズム100aの3つの凹円錐状の屈折面の一部101a~101cと第2プリズム100bの3つの凸円錐状の屈折面の一部102a~102cとが互いに当接している状態では、フレネルアキシコン系100は平行平板として機能し、形成される輪帯状の二次光源に及ぼす影響はない

50

。

【0064】

しかしながら、第1プリズム100aの3つの凹円錐状の屈折面の一部101a~101cと第2プリズム100bの3つの凸円錐状の屈折面の一部102a~102cとを離間させると、フレネルアキシコン系100は、いわゆるビームエキパンダーとして機能する。従って、フレネルアキシコン系100の間隔の変化に伴って、図1中破線で示す所定面86への入射角度が変化し、ズームレンズ90が所定面86での角度変化をマイクロレンズアレイ8の入射面での位置変化(光軸からの距離変化)に変換する機能を有しているため、第2オプティカルインテグレータとしてのマイクロレンズアレイ8への入射光束の入射位置(光軸からの距離)が変化する。従って、図6に示す第1の実施の形態にかかる円錐アキシコン系87の作用と同様に、フレネルアキシコン系100の作用により、輪

10

【0065】

この第2の実施の形態にかかる露光装置によれば、この実施の形態にかかる入射位置変更素子としてのフレネルアキシコン系100がレーザ光源1から射出される照明光のエネルギー密度が高くなる所で用いられた場合においても光学性能を維持することができる蛍石により構成されているため、照明光のエネルギー密度が高くなる所に配置されるフレネルアキシコン系100の内部構造の損傷を防止することができ、フレネルアキシコン系100の光透過率の劣化を抑制することができる。従って、フレネルアキシコン系100の

20

【0066】

また、フレネルアキシコン系100がフレネルアキシコン系100を形成する蛍石の結晶方位(111)と光軸AXとが一致するように位置決めされているため、直線偏光状態の照明光がフレネルアキシコン系100に入射した場合において、直線偏光の振動方向の変化、直線偏光から楕円偏光や円偏光への変化を防止することができる。従って、マスクMのパターン像の特性に対応した最適な偏光状態の照明光で照明を行うことができる。

【0067】

また、フレネルアキシコン系100が備える第1プリズム100aが平面的に配置される3つの凹円錐状の屈折面の一部101a~101cを有するため、凹円錐状の屈折面を有するプリズム100'aと比較して第1プリズム100aの厚さを薄くすることができる。また、同様に、フレネルアキシコン系100が備える第2プリズム100bが平面的に配置される3つの凸円錐状の屈折面の一部102a~102cを有するため、凸円錐状の屈折面を有するプリズム100'bと比較して第2プリズム100bの厚さを薄くすることができる。従って、厚さの薄い第1プリズム100a及び第2プリズム100bを備えるフレネルアキシコン系100の配置スペースを小さくすることができる。

30

【0068】

なお、この第2の実施の形態にかかる第1プリズム100aは3つの凹円錐状の屈折面の一部101a~101cを有し、第2プリズム100bは3つの凸円錐状の屈折面の一部102a~102cを有しているが、第1プリズムが2つまたは4つ以上の凹円錐状の屈折面の一部を有し、第2プリズムが2つまたは4つ以上の凸円錐状の屈折面の一部を有するようにしても良い。

40

【0069】

また、上述の第1及び第2の実施の形態においては、角度変更素子として結晶材料により形成される結晶光学部材として蛍石により形成される光学部材を用いているが、結晶材料により形成される結晶光学部材として蛍石を有する光学部材、結晶材料により形成される結晶光学部材として水晶により形成される光学部材、または、結晶材料により形成される結晶光学部材として水晶を有する光学部材を用いても良い。

【0070】

50

また、上述の第1及び第2の実施の形態においては、入射する直線偏光の光の偏光面を必要に応じて変化させるための位相部材としての1/2波長板10を光源側に配置し、入射する直線偏光の光を必要に応じて非偏光化するためのデポラライザー20をマスク側に配置している。しかしながら、これに限定されることなく、デポラライザー20を光源側に配置し且つ1/2波長板10をマスク側に配置しても同じ光学的な作用効果を得ることができる。

【0071】

また、上述の第1及び第2の実施の形態においては、水晶プリズム20aを介した光の進行方向を補償するためのコンペンセーターとして石英プリズム20bを用いている。しかしながら、これに限定されることなく、K_rFエキシマレーザー光やArFエキシマレーザー光に対して耐久性の高い光学材料、たとえば水晶や蛍石などにより形成された楔形状のプリズムをコンペンセーターとして用いていることもできる。

10

【0072】

また、上述の第1及び第2の実施の形態においては、第1オプティカルインテグレートとして回折光学素子を用いているが、第1オプティカルインテグレートとしてフライアイレンズを用いても良い。この場合には、円錐アキシコン系またはフレネルアキシコン系が配置されている位置またはその近傍に位置する照明光学装置の瞳位置において、フライアイレンズがフライアイレンズの入射側に備える多数のレンズ面の輪郭形状（例えば、六角形状や矩形状）に相似した形状の光強度分布が形成される。

【0073】

なお、上述の各実施の形態に係る露光装置において、回折光学素子(DOE)4aからの0次光を遮光するための遮光部材を照明光学系の瞳位置近傍、例えば、第2オプティカルインテグレートとしてのマイクロレンズアレイ8の入射面側又は射出面側に配置しても良い。このような0次光遮光部材は、例えば、特開平4-225359号や特開2001-176766号、特開2001-284240号などに開示されている。このとき特開2001-284240号に開示される0次光遮光部材では、0次光遮光部材を保持するための4本の弦を互いに直交するように設けているが投影光学系PLに対してマスクMとウエハWとを相対的に移動させつつ露光を行う走査型投影露光装置に適用する場合において、この弦が被照射面上での照明むらに悪影響を及ぼす恐れがある。このときには、0次光遮光部材を保持するための4本の弦のうち、走査方向に対応した方向に沿った2本の弦を取り去り、非走査方向に対応した方向の弦のみで0次光遮光部材を保持することが好ましい。また、弦を非走査方向に対応した方向に延びた3本としても良い（このとき各弦のなす角は120度となる）。また、例えば、特開2001-176766号に開示されるように光透過性の基板上に遮光部材をパターンニングして弦を設けない手法を採用しても良い。

20

30

【0074】

上述の第1及び第2の実施の形態にかかる露光装置では、照明光学装置によってマスク（レチクル）Mを照明し（照明工程）、投影光学系PLを用いてマスクMに形成された転写用のパターンを感光性基板（ウエハ）Wに転写する（転写工程）ことにより、マイクロデバイス（半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等）を製造することができる。以下、第1または第2の実施の形態にかかる露光装置を用いて感光性基板としてのウエハW等に所定の回路パターンを形成することによって、マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法の一例につき図14のフローチャートを参照して説明する。

40

【0075】

まず、図14のステップS301において、1ロットのウエハW上に金属膜が蒸着される。次のステップS302において、その1ロットのウエハW上の金属膜上にフォトリジストが塗布される。その後、ステップS303において、第1または第2の実施の形態にかかる露光装置を用いて、マスクM上のパターンの像がその投影光学系PLを介して、その1ロットのウエハW上の各ショット領域に順次露光転写される。その後、ステップS304において、その1ロットのウエハW上のフォトリジストの現像が行われた後、ステッ

50

ブ S 3 0 5 において、その 1 ロットのウエハ W 上でレジストパターンをマスク M としてエッチングを行うことによって、マスク M 上のパターンに対応する回路パターンが、各ウエハ W 上の各ショット領域に形成される。

【 0 0 7 6 】

その後、更に上のレイヤの回路パターンの形成等を行うことによって、半導体素子等のデバイスが製造される。上述の半導体デバイス製造方法によれば、第 1 または第 2 の実施の形態にかかる照明光学装置を用いているため、照明光の光量の減少を抑えることができ、回路パターンの特性に対応した最適な偏光状態の照明光（露光光）で照明することができる。従って、極めて微細な回路パターンを有する半導体デバイスを精度良く得ることができる。なお、ステップ S 3 0 1 ~ ステップ S 3 0 5 では、ウエハ W 上に金属を蒸着し、その金属膜上にレジストを塗布、そして露光、現像、エッチングの各工程を行っているが、これらの工程に先立って、ウエハ W 上にシリコンの酸化膜を形成後、そのシリコンの酸化膜上にレジストを塗布、そして露光、現像、エッチング等の各工程を行っても良いことはいうまでもない。

10

【 0 0 7 7 】

また、第 1 及び第 2 の実施の形態にかかる露光装置では、プレート（ガラス基板）上に所定のパターン（回路パターン、電極パターン等）を形成することによって、マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得ることもできる。以下、図 1 5 のフローチャートを参照して、このときの手法の一例につき説明する。図 1 5 において、パターン形成工程 S 4 0 1 では、第 1 または第 2 の実施の形態にかかる露光装置を用いてマスク M のパターンを感光性基板（レジストが塗布されたガラス基板等）に転写露光する、所謂光リソグラフィ工程が実行される。この光リソグラフィ工程によって、感光性基板上には多数の電極等を含む所定パターンが形成される。その後、露光された基板は、現像工程、エッチング工程、レジスト剥離工程等の各工程を経ることによって、基板上に所定のパターンが形成され、次のカラーフィルタ形成工程 S 4 0 2 へ移行する。

20

【 0 0 7 8 】

次に、カラーフィルタ形成工程 S 4 0 2 では、R（Red）、G（Green）、B（Blue）に対応した 3 つのドットの組がマトリックス状に多数配列されたり、または R、G、B の 3 本のストライプのフィルタの組を複数水平走査線方向に配列されたりしたカラーフィルタを形成する。そして、カラーフィルタ形成工程 S 4 0 2 の後に、セル組み立て工程 S 4 0 3 が実行される。セル組み立て工程 S 4 0 3 では、パターン形成工程 S 4 0 1 にて得られた所定パターンを有する基板、およびカラーフィルタ形成工程 S 4 0 2 にて得られたカラーフィルタ等を用いて液晶パネル（液晶セル）を組み立てる。セル組み立て工程 S 4 0 3 では、例えば、パターン形成工程 S 4 0 1 にて得られた所定パターンを有する基板とカラーフィルタ形成工程 S 4 0 2 にて得られたカラーフィルタとの間に液晶を注入して、液晶パネル（液晶セル）を製造する。

30

【 0 0 7 9 】

その後、モジュール組み立て工程 S 4 0 4 にて、組み立てられた液晶パネル（液晶セル）の表示動作を行わせる電気回路、バックライト等の各部品を取り付けて液晶表示素子として完成させる。上述の液晶表示素子の製造方法によれば、第 1 または第 2 の実施の形態にかかる照明光学装置を用いているため、照明光の光量の減少を抑えることができ、回路パターンの特性に対応した最適な偏光状態の照明光（露光光）で照明することができる。従って、極めて微細な回路パターンを有する半導体デバイスを精度良く得ることができる。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 8 0 】

【 図 1 】 第 1 の実施の形態にかかる露光装置の概略構成を示す図である。

【 図 2 】 第 1 の実施の形態にかかる照明光学装置が備える 1 / 2 波長板及びデポラライザの概略構成を示す図である。

【 図 3 】 第 1 の実施の形態にかかる照明光学装置が備える円錐アキシコン系の概略構成を

50

示す図である。

【図 4】第 1 の実施の形態にかかる円錐アキシコン系を形成する蛍石の結晶方位を説明するための図である。

【図 5】蛍石の結晶方位を説明するための図である。

【図 6】第 1 の実施の形態にかかる輪帯照明において形成される二次光源に対する円錐アキシコン系の作用を説明するための図である。

【図 7】第 1 の実施の形態にかかる照明光学装置が備える第 1 シリンドリカルレンズ対及び第 2 シリンドリカルレンズ対の概略構成を示す図である。

【図 8】第 1 の実施の形態にかかる輪帯照明において形成される二次光源に対するズームレンズの作用を説明するための図である。

10

【図 9】第 2 の実施の形態にかかるフレネルアキシコン系の断面図である。

【図 10】第 2 の実施の形態にかかるフレネルアキシコン系が備える第 1 プリズムの構成を説明するための断面図である。

【図 11】第 2 の実施の形態にかかるフレネルアキシコン系が備える第 1 プリズムの構成を説明するための正面図である。

【図 12】第 2 の実施の形態にかかるフレネルアキシコン系が備える第 2 プリズムの構成を説明するための断面図である。

【図 13】第 2 の実施の形態にかかるフレネルアキシコン系が備える第 2 プリズムの構成を説明するための正面図である。

【図 14】この発明の実施の形態にかかるマイクロデバイスとしての半導体デバイスを製造する方法を示すフローチャートである。

20

【図 15】この発明の実施の形態にかかるマイクロデバイスとしての液晶表示素子を製造する方法を示すフローチャートである。

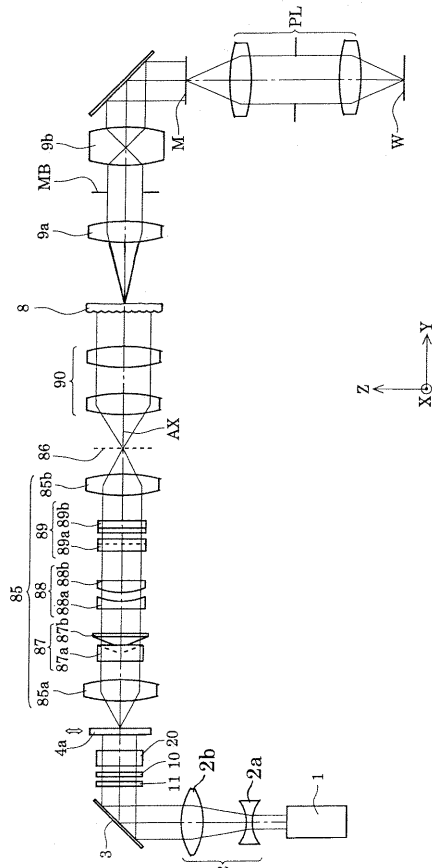
【符号の説明】

【0081】

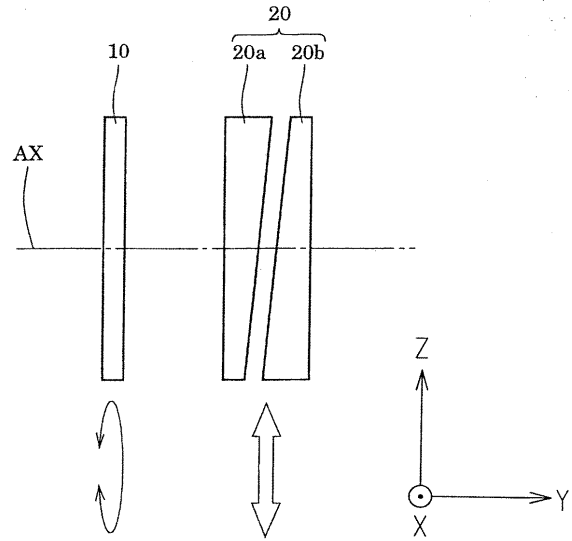
1 ... レーザ光源、2 ... ビームエキスパンダー、3 ... 折り曲げミラー、4 a ... 回折光学素子、8 ... マイクロレンズアレイ、9 a ... コンデンサーレンズ、9 b ... 結像光学系、10 ... 1 / 2 波長板、11 ... 1 / 4 波長板、20 ... デポライザー、85 ... アフォーカルレンズ、87 ... 円錐アキシコン系、87 a ... 第 1 プリズム、87 b ... 第 2 プリズム、88 ... 第 1 シリンドリカルレンズ対、89 ... 第 2 シリンドリカルレンズ対、90 ... ズームレンズ、100 ... フレネルアキシコン系、100 a ... 第 1 プリズム、100 b ... 第 2 プリズム、MB ... マスクブラインド、M ... マスク、PL ... 投影光学系、W ... ウエハ。

30

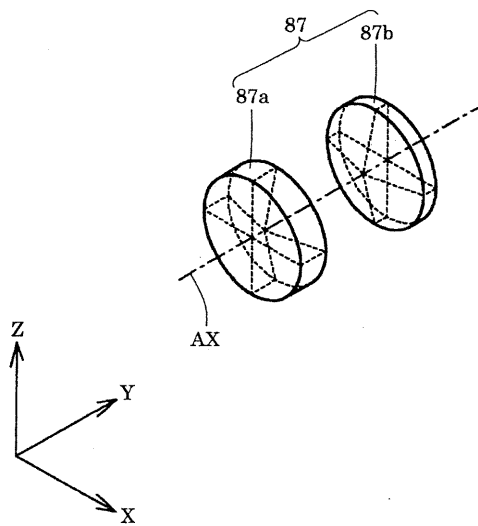
【図 1】



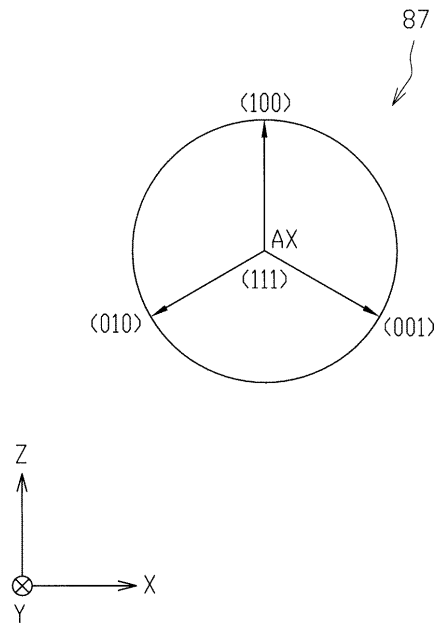
【図 2】



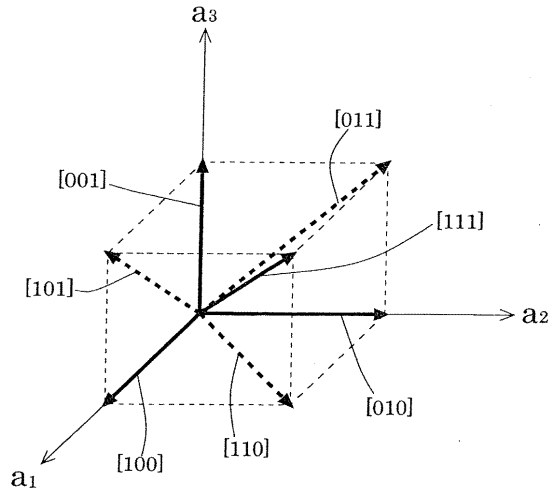
【図 3】



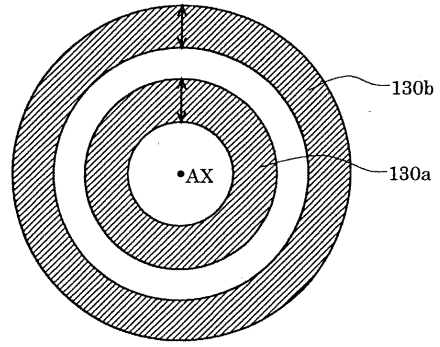
【図 4】



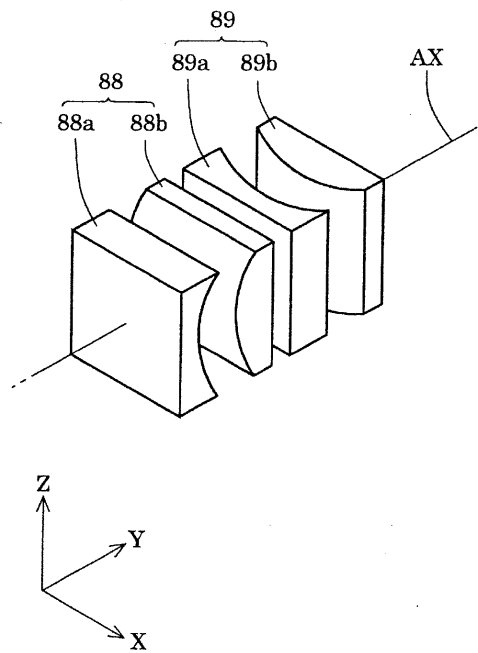
【図 5】



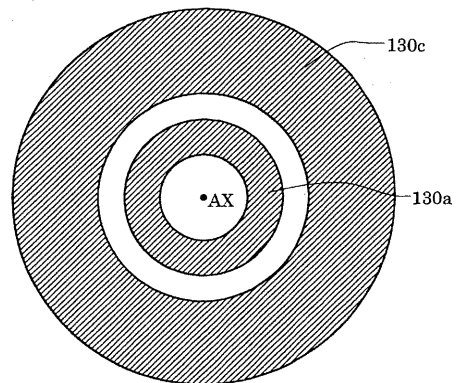
【図 6】



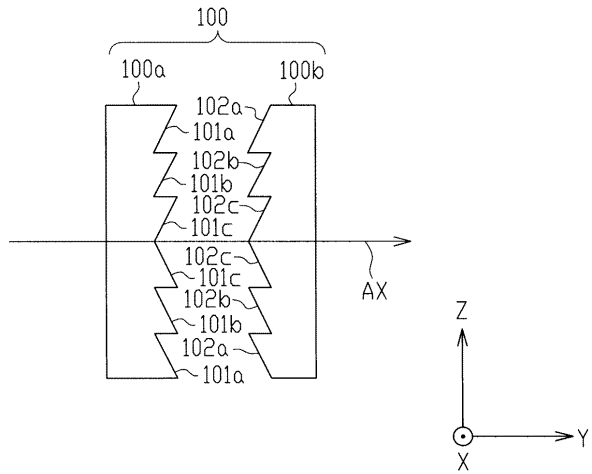
【図 7】



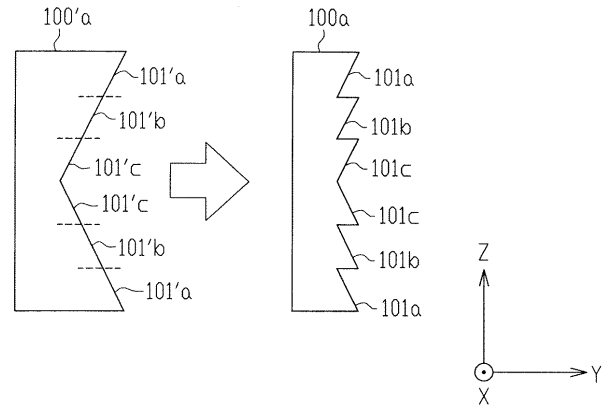
【図 8】



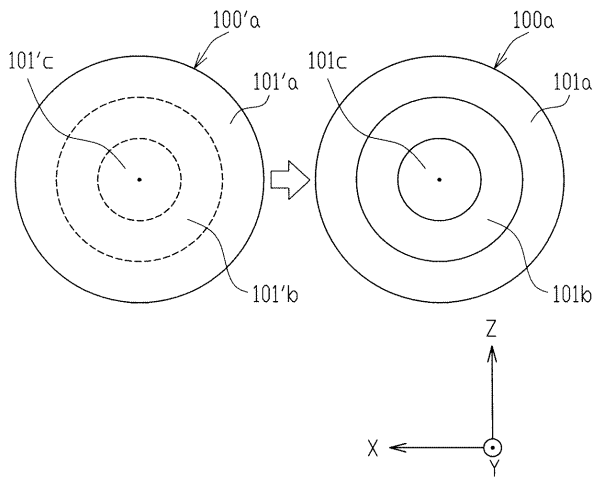
【図 9】



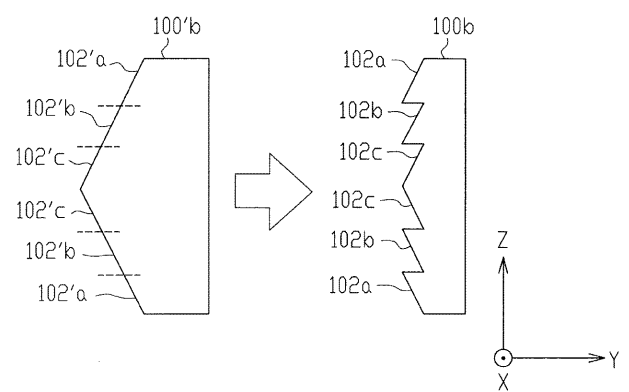
【図 10】



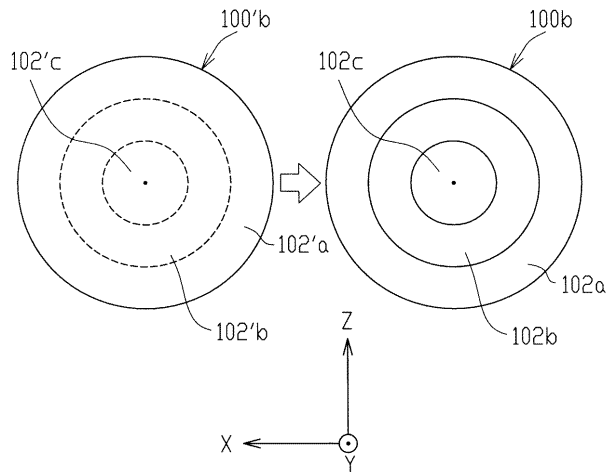
【図 11】



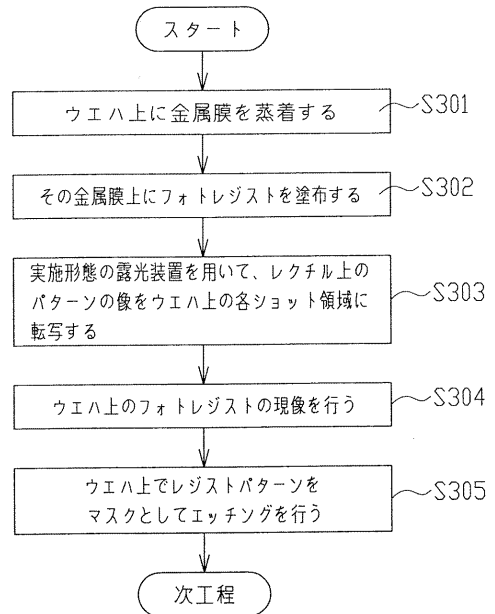
【図 12】



【図 13】



【図 14】



【図 15】

